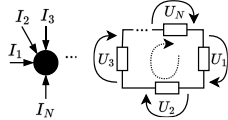




## Formelsammlung für die Prüfung zur Zulassung Amateurfunk gültig ab 01.01.2025

Kirchhoffsche Regeln	$I_1 + I_2 + \dots + I_N = 0$		$U_i$	Teilspannungen $i = 1, 2, 3, \dots, N$	V
	$U_1 + U_2 + \dots + U_N = 0$		$I_i$	Teilströme $i = 1, 2, 3, \dots, N$	A
Ohmsches Gesetz	$U = R \cdot I$	$U$	Spannung	V	
		$I$	Strom	A	
		$R$	Widerstand	$\Omega$	
Leistung und Arbeit	$P = U \cdot I = \frac{U^2}{R} = I^2 \cdot R$  $W = P \cdot t$	$U$	Spannung	V	
		$I$	Stromstärke	A	
		$R$	Widerstand	$\Omega$	
		$P$	Leistung	W	
		$t$	Zeit	s	
		$W$	Arbeit	J	
Effektiv- und Spitzenwerte bei sinusförmiger Wechselspannung	$\hat{U} = U_{\text{eff}} \cdot \sqrt{2} = U_{\text{eff}} \cdot 1,414$  $U_{\text{ss}} = 2 \cdot \hat{U}$	$\hat{U}$	Spannungsamplitude	V	
		$U_{\text{eff}}$	Effektivspannung (RMS)	V	
		$U_{\text{ss}}$	Gesamtspannung	V	
Widerstände in Reihenschaltung	$R_G = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_N$	$R_G$	Gesamtwiderstand	$\Omega$	
	Bei 2 Widerständen (Spannungsteiler): $\frac{U_1}{U_2} = \frac{R_1}{R_2} \quad U_G = U_1 + U_2 \quad U_1 = \frac{U_G \cdot R_1}{R_1 + R_2}$	$R_i$	Teilwiderstände $i = 1, 2, 3, \dots, N$	$\Omega$	
$U_G$		Gesamtspannung	V		
Widerstände in Parallelschaltung	$R_G = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_N}}$	$R_G$	Gesamtwiderstand	$\Omega$	
		$R_i$	Teilwiderstände $i = 1, 2, 3, \dots, N$	$\Omega$	
Bei 2 parallel geschalteten Widerstände gilt:	$R_G = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad \frac{I_2}{I_1} = \frac{R_1}{R_2}$  $I_G = I_1 + I_2 \quad U_1 = U_2$	$I_G$	Gesamtstrom	A	
		$I_1$	Strom durch $R_1$	A	
		$I_2$	Strom durch $R_2$	A	
		$U_1$	Spannung über $R_1$	V	
		$U_2$	Spannung über $R_2$	V	
Widerstand von Drähten	$R = \frac{\rho \cdot l}{A_D}$  $A_D = \frac{d_D^2 \cdot \pi}{4} = r_D^2 \cdot \pi$	$\rho$	Spezifischer Widerstand	$\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$	
		$R$	Widerstand	$\Omega$	
		$l$	Länge	m	
		$r_D$	Radius	mm	
		$d_D$	Drahtdurchmesser	mm	
		$A_D$	Drahtquerschnittsfläche	mm <sup>2</sup>	



<b>Kapazitiver Widerstand</b>	$X_c = \frac{1}{\omega \cdot C} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C}$	$X_c$	Kapazitiver Widerstand	$\Omega$
		$C$	Kapazität	F
		$f$	Frequenz	Hz
		$\omega$	Kreisfrequenz	1/s

<b>Kondensatoren</b> Reihenschaltung:	$C_G = \frac{1}{\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \dots + \frac{1}{C_N}}$	$C_G$	Gesamtkapazität	F
Parallelschaltung:	$C_G = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_N$	$C_i$	Teilkapazitäten $i = 1, 2, 3, \dots, N$	F

<b>Kapazität eines Plattenkondensators</b>     Elektrische Feldstärke	$C = \varepsilon_0 \cdot \varepsilon_r \cdot \frac{A}{d}$  $E = \frac{U_C}{d}$	$A$	Kondensatorplattenfläche	m <sup>2</sup>
		$d$	Plattenabstand	m
		$C$	Kapazität	F
		$\varepsilon_r$	Permittivitätszahl	-
		$\varepsilon_0$	Elektrische Feldkonstante: 8,85E-12	$\frac{As}{Vm}$
		$E$	Elektrische Feldstärke	V/m
		$U_C$	Spannung über C	V

<b>Induktiver (Blind-) Widerstand</b>	$X_L = \omega \cdot L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L$	$X_L$	Induktiver Blindwiderstand	$\Omega$
		$L$	Induktivität	H $\frac{Vs}{A}$
		$f$	Frequenz	Hz
		$\omega$	Kreisfrequenz	1/s

<b>Induktivitäten</b> Reihenschaltung:	$L_G = L_1 + L_2 + L_3 + \dots + L_N$	$L_G$	Gesamtinduktivität	H
Parallelschaltung:	$L_G = \frac{1}{\frac{1}{L_1} + \frac{1}{L_2} + \frac{1}{L_3} + \dots + \frac{1}{L_N}}$	$L_i$	Teilinduktivitäten $i = 1, 2, 3, \dots, N$	H

<b>Induktivität von Schalenkernspulen</b> (auch für mehr-lagige Spulen)	$L = N_W^2 \cdot A_L$	$N_W$	Anzahl Windungen	-
		$A_L$	Induktivitätsfaktor	nH
		$L$	Induktivität	nH



<b>Magnetische Flussdichte</b>	$B_m = \mu_r \cdot \mu_0 \cdot H$	$B_m$	Magnetische Flussdichte	$T \frac{Vs}{m^2}$
		$\mu_r$	Relative Permeabilität	-
		$\mu_0$	Magnetische Feldkonstante (1,26E-6)	H/m
		$H$	magnetische Feldstärke	A/m

<b>Induktivität der Ringspule</b>  (auch für lange Zylinderspule wenn $l_m > D$ )	$L = \frac{\mu_0 \cdot \mu_r \cdot N_W^2 \cdot A_S}{l_m}$	$L$	Induktivität	H
		$l_m$	Umfang/Länge der Spule	m
		$A_S$	Querschnittsfläche der Spule	m <sup>2</sup>
		$N_W$	Anzahl Windungen	-
		$\mu_0$	Magnetische Feldkonstante (1,26E-6)	H/m
<b>Magnetische Feldstärke in einer Ringspule</b>	$H = \frac{I \cdot N_W}{l_m}$	$\mu_r$	Relative Permeabilität	-
		$I$	Stromstärke	A
		$H$	magnetische Feldstärke	A/m

<b>Transformator / Übertrager</b>	$\ddot{u} = \frac{N_P}{N_S} = \frac{U_P}{U_S} = \frac{I_S}{I_P} = \sqrt{\frac{Z_P}{Z_S}}$  P: Primär → S: Sekundär	$\ddot{u}$	Übersetzungsverhältnis	-
		$N$	Anzahl Windungen	-
		$U$	Spannung	V
		$I$	Strom	A
		$Z$	Impedanz	Ω

<b>Netztrafo</b>	$P_P \approx 1,2 \cdot P_S$  $A_{Fe} \approx \sqrt{P_P} \cdot \frac{cm^2}{\sqrt{W}}$  $N_V \approx \frac{42}{A_{Fe}} \cdot \frac{cm^2}{V}$	$P_P$	Primärleistung	W
		$P_S$	Sekundärleistung	W
		$A_{Fe}$	Eisenkernquerschnitt	cm <sup>2</sup>
		$N_V$	Windungszahl pro Volt	-/V

<b>Belastbarkeit von Wicklungen</b>	$I_{max} = S \cdot A_D$ mit $S \approx 2,5A/mm^2$	$S$	Stromdichte	$\frac{A}{mm^2}$
		$A_D$	Drahtquerschnitt	mm <sup>2</sup>
		$I_{max}$	Maximale Stromstärke	A



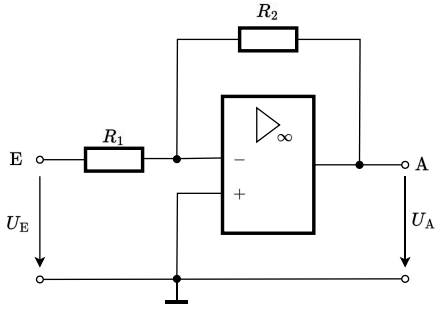
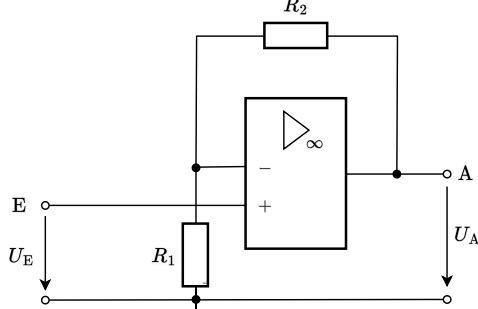
<b>Periodendauer</b>	$T = \frac{1}{f}$	$T$	Periode	s
		$f$	Frequenz	Hz
<b>Kreisfrequenz</b>	$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f$	$\omega$	Kreisfrequenz	1/s
<b>Phasen- geschwindigkeit</b>	$c = f \cdot \lambda = \frac{\omega \cdot \lambda}{2 \cdot \pi}$	$c$	Lichtgeschwindigkeit	m/s
		$\lambda$	Wellenlänge	m

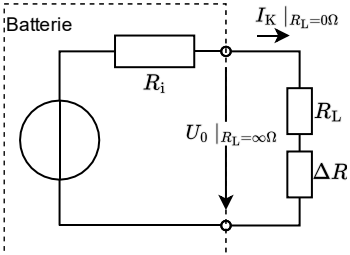
<b>RC-Tiefpass / RC-Hochpass</b>	$f_g = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R \cdot C}$	$f_g$	Grenzfrequenz (Frequenz am -3dB-Punkt)	Hz
		$R$	Widerstand	$\Omega$
<b>RL-Tiefpass / RL-Hochpass</b>	$f_g = \frac{R}{2 \cdot \pi \cdot L}$	$C$	Kapazität	F
		$L$	Induktivität	H

<b>Schwingkreis</b>	$f_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$  Im Resonanzfall $X_C = X_L$ gilt: $Q = \frac{f_0}{B} = \frac{R_P}{X_L} = \frac{R_P}{X_C} = \frac{X_L}{R_S} = \frac{X_C}{R_S}$	$f_0$	Resonanzfrequenz	Hz
		$Q$	Güte	-
		$B$	Bandbreite	Hz
		$R_P$	paralleler (P) serieller (S)	$\Omega$
		$R_S$	Verlustwiderstand	
		$C$	Kapazität	F
		$L$	Induktivität	H
		$X_L$	Induktiver Blindwiderstand	$\Omega$
		$X_C$	Kapazitiver Blindwiderstand	$\Omega$

<b>Transistor</b>  Für Gleichstrom gilt:     Für Wechselstrom gilt:   B: Basis C: Kollektor E: Emitter	$B_T = \frac{I_C}{I_B}$  $I_E = I_C + I_B$  $v_1 = \beta = \frac{\Delta I_C}{\Delta I_B}$  $v_U = \frac{\Delta U_{CE}}{\Delta U_{BE}}$  $v_P = v_U \cdot v_1$	$B_T$	Gleichspannungs- verstärkung	-
		$I_{B,C,E}$	Ruheströme	A
		$\Delta I$	Differenzstrom	A
		$\Delta U$	Differenzspannung	V
		$v_1$	Wechselstrom- verstärkung	-
		$\beta$	Wechselstrom- verstärkung	-
		$v_U$	Wechselspannungs- verstärkung	-
		$v_P$	Leistungsverstärkung für Wechselstrom	-
		$\Delta U_{CE}$	Teilspannung (C zu E)	V
		$\Delta U_{BE}$	Teilspannung (B zu E)	V



Operations- verstärker	Invertierender Verstärker	Nicht-invertierender Verstärker
	 $v_U = \frac{U_A}{U_E} = -\frac{R_2}{R_1}$	 $v_U = \frac{U_A}{U_E} = 1 + \frac{R_2}{R_1}$
Verstärkung:		

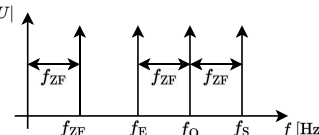
Innenwiderstand	 $R_i = \frac{\Delta U}{\Delta I}$		
	$R_i$	Innenwiderstand	$\Omega$
	$R_L$	Lastwiderstand	$\Omega$
	$U_0$	Leerlaufspannung	V
	$I_K$	Kurzschlussstrom	A
	$\Delta R$	Differenzwiderstand	$\Omega$
	$\Delta U$	Differenzspannung	V
	$\Delta I$	Differenzstrom	A

Pegel	$u = 20 \cdot \lg\left(\frac{U}{U_0}\right) \quad U = U_0 \cdot 10^{(u/20\text{dB})}$ $p = 10 \cdot \lg\left(\frac{P}{P_0}\right) \quad P = P_0 \cdot 10^{(p/10\text{dB})}$		
	$U$	Spannung	V
	$P$	Leistung	W
	$u$	Spannungspegel	dB
	$p$	Leistungspegel	dB
Relativer Pegel:	Spannungs- oder Leistungspegel bezogen auf beliebige Werte von $U_0$ oder $P_0$ (z.B. 1μV, 1V, 1W, 1pW).		
Absoluter Pegel:	0dB (dBm, dBu) liegt bei $P_0 = 1\text{mW}$ oder der Spannung $U_0 = 775\text{mV}$ bei einem System mit $R_1=R_L=600\Omega$ vor.  Der absolute Leistungspegel ist auch bei Systemen mit anderen Impedanzen gleich.		

Dämpfung	$a = 20 \cdot \lg\left(\frac{U_1}{U_2}\right)$ $a = 10 \cdot \lg\left(\frac{P_1}{P_2}\right)$		
	$U_1$	Eingangsspannung	V
	$U_2$	Ausgangsspannung	V
	$P_1$	Eingangsleistung	W
Verstärkung/ Gewinn	$P_2$	Ausgangsleistung	W
	$a$	Dämpfung	dB
	$g$	Verstärkung/ Gewinn	dB



<b>Wirkungsgrad</b>	$\eta = \frac{P_{ab}}{P_{zu}}$ $\eta_{\%} = \frac{P_{ab}}{P_{zu}} \cdot 100\%$ $P_{ab} = P_{zu} - P_V$	$\eta$	Wirkungsgrad	-
		$\eta_{\%}$	Wirkungsgrad	%
		$P_{ab}$	abgegebene Leistung	W
		$P_{zu}$	zugeführte Leistung	W
		$P_V$	Verlustleistung	W

Zwischen- frequenz	<div><math>f_{ZF} =  f_E \pm f_0 </math></div> 	$f_{ZF}$	Zwischenfrequenz	Hz	
		$f_E$	Empfangsfrequenz	Hz	
Spiegelfrequenz		<div><math>f_S = f_E + 2 \cdot f_{ZF}</math> für <math>f_0 &gt; f_E</math></div> <div><math>f_S = f_E - 2 \cdot f_{ZF}</math> für <math>f_0 &lt; f_E</math></div>	$f_0$	Oszillatorfrequenz	Hz
			$f_S$	Spiegelfrequenz	Hz

<b>Thermisches Rauschen</b>	$P_N = k \cdot T_K \cdot B$ $\Delta p_N = 10 \cdot \lg \left( \frac{B_1}{B_2} \right)$ $U_N = 2 \cdot \sqrt{P_N \cdot R}$	$P_N$	Rauschleistung	W
		$T_K$	Temperatur	K
		$B$	Bandbreite	Hz
		$U_N$	Rauschspannung	V
		$R$	Widerstand	$\Omega$
		$\Delta p_N$	Pegelunterschied der Rauschleistungen in $B_1$ und $B_2$	dB
		$k$	Boltzmann-Konstante, (1,38E-23)	$\frac{Ws}{K}$

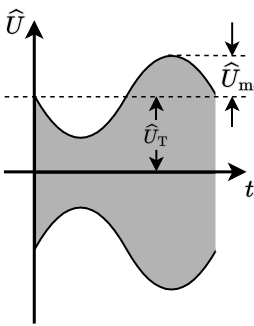
<b>Signal-Rausch- verhältnis</b>	$SNR = 10 \cdot \lg \left( \frac{P_S}{P_N} \right)$	$SNR$	Signalrauschverhältnis	dB
		$P_S$	Signalleistung	W
<b>Rauschzahl</b>	$SNR = 20 \cdot \lg \left( \frac{U_S}{U_N} \right)$ $F = \frac{\left( \frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{Eingang}}}{\left( \frac{P_S}{P_N} \right)_{\text{Ausgang}}}$ $n_F = 10 \cdot \lg(F)$ $n_F = SNR_{\text{Eingang}} - SNR_{\text{Ausgang}}$	$P_N$	Rauschleistung	W
		$U_S$	Signalspannung	V
		$U_N$	Rauschspannung	V
		$F$	Rauschzahl	-
		$n_F$	Logarithmische Rauschzahl	dB



<b>ERP/EIRP</b>	$p_{\text{ERP}} = p_{\text{S}} - a + g_{\text{d}}$ $P_{\text{ERP}} = P_{\text{S}} \cdot 10^{((g_{\text{d}} - a)/10\text{dB})}$ $p_{\text{EIRP}} = p_{\text{ERP}} + 2,15 \text{ dB}$ $P_{\text{EIRP}} = 1,64 \cdot P_{\text{ERP}}$ $P_{\text{EIRP}} = P_{\text{S}} \cdot 10^{((g_{\text{d}} - a + 2,15 \text{ dB})/10\text{dB})}$	$a$	Kabelverluste	dB
		$g_{\text{d}}$	Antennengewinn bezogen auf den Halbwellendipol	dB
		$p_{\text{S}}$	Sendeleistungspegel	dBm
		$p_{\text{ERP}}$	Effektiver Strahlungsleistungspegel bezogen auf den Halbwellendipol im Freiraum	dBm
		$p_{\text{EIRP}}$	Effektiver Strahlungsleistungspegel bezogen auf den isotropen Strahler im Freiraum	dBm
		$P_{\text{S}}$	Leistung am Sender	W
		$P_{\text{ERP}}$	Effective Radiated Power	W
		$P_{\text{EIRP}}$	Effective Isotropic Radiated Power	W

<b>Gewinnfaktor von Antennen</b>	$G = 10^{\frac{g}{10}} \quad g = 10 \cdot \lg(G)$ $G_{\text{i}} = G_{\text{d}} \cdot 1,64$ $g_{\text{i}} = g_{\text{d}} + 2,15\text{dB}$ Halbwellendipol: $G_{\text{i}} = 1,64 \quad g_{\text{i}} = 2,15 \text{ dBi}$ $\lambda/4$ -Vertikalantenne: $G_{\text{i}} = 3,28 \quad g_{\text{i}} = 5,15 \text{ dBi}$	$G$	Antennengewinnfaktor $i$ : Isotropstrahler (Strahlt in alle Richtungen gleich) $d$ : Halbwellendipol	-
		$g$	Gewinn	dB
		$g_{\text{i}}$	Gewinn bezogen auf den Isotropstrahler	dB
		$g_{\text{d}}$	Gewinn bezogen auf den Halbwellendipol	dB
<b>Feldstärke im Fernfeld einer Antenne</b>	$E = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{\text{A}} \cdot G_{\text{i}}}}{d} = \frac{\sqrt{30\Omega \cdot P_{\text{EIRP}}}}{d}$ Gilt für Freiraumausbreitung falls: $d > \frac{\lambda}{2 \cdot \pi}$	$d$	Abstand zur Antenne	m
		$E$	Elektrisches Feld	V/m
		$\lambda$	Wellenlänge	m
		$P_{\text{A}}$	Leistung an der Antenne	W



<b>Amplitudenmodulation</b>	$m_{AM} = \frac{\hat{U}_{mod}}{\hat{U}_T}$ $B_{AM} = 2 \cdot f_{NFmax}$ $\bar{P}_{AM} = P_T + 2 \cdot P_{SSB}$ $\bar{P}_{AM} = \left(1 + \frac{m_{AM}^2}{2}\right) P_T$ 	$m_{AM}$	Modulationsgrad	-
		$\hat{U}_{mod}$	Modulationsspannungsamplitude	V
		$\hat{U}_T$	Trägerspannungsamplitude	V
		$B_{AM}$	AM-Bandbreite	Hz
		$f_{NFmax}$	Maximalfrequenz des Niederfrequenzsignals	Hz
		$\bar{P}_{AM}$	Mittlere Leistung	W
		$P_T$	Leistung des Trägers	W
		$P_{SSB}$	Seitenbandsignalleistung	W
<b>SSB</b>	$B_{SSB} = f_{NFmax} - f_{NFmin}$	$B_{SSB}$	SSB-Bandbreite	Hz
		$f_{NFmin}$	Minimalfrequenz des Niederfrequenzsignals	Hz

<b>Frequenzmodulation</b>	$m_{FM} = \frac{\Delta f_T}{f_{mod}}$ $B_{FM} = 2 \cdot (\Delta f_T + f_{mm})$ <p>Carson-Bandbreite <math>B_{FM}</math> (Ungefähre FM-Bandbreite) enthält etwa 99% der Gesamtleistung eines FM-Signals.</p>	$m_{FM}$	Modulationsgrad	-
		$\Delta f_T$	Frequenzhub	Hz
		$f_{mod}$	Modulationsfrequenz	Hz
		$B_{FM}$	FM-Bandbreite	Hz
		$f_{mm}$	Modulationsmaximalfrequenz	Hz

<b>(Nyquist-) Abtasttheorem</b>	$f_{abstast} > 2 \cdot f_{max}$	$f_{abstast}$	Abtastrate	Hz
		$f_{max}$	Maximalfrequenz des abgetasteten Signals	Hz

<b>Datenübertragungsrate, Symbolrate</b>	$R_D = R_S \cdot n$	$R_D$	Datenübertragungsrate	bit/s
		$R_S$	Symbolrate	Baud
		$n$	Bits pro Symbol	-

<b>Verkürzungsfaktor von HF-Leitungen</b>	$k_v = \frac{l_G}{l_E} = \frac{c}{c_0} \approx \frac{1}{\sqrt{\epsilon_r}}$	$l_G$	Geometrische Länge	m
		$l_E$	Elektrische Länge	m
		$k_v$	Verkürzungsfaktor	-
		$\epsilon_r$	Permittivitätszahl	-
		$c$	Lichtgeschwindigkeit im Material	m/s
		$c_0$	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum (3E8 m/s)	m/s





<b>Wellen- widerstand</b>  <i>HF-Leitungen</i>	$Z_0 = \sqrt{\frac{L'}{C'}}$	$Z_0$	Wellenwiderstand der Leitung	$\Omega$
		$L'$	Induktivitätsbelag	H/m
		$C'$	Kapazitätsbelag	F/m

<b>Koaxiale Leitungen</b>	$Z_0 = \frac{60\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{D}{d_i}\right)$	$Z_0$	Wellenwiderstand der Leitung	$\Omega$
		$D$	Innendurchmesser Aussenleiter	m
		$d_i$	Durchmesser des Innenleiters	m
<b>Symmetrische Zweidraht- leitungen</b>  mit $a/d > 2,5$	$Z_0 = \frac{120\Omega}{\sqrt{\epsilon_r}} \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot a}{d}\right)$	$a$	Mittenabstand der Leiter	m
		$d$	Durchmesser der Leiter	m
		$\epsilon_r$	Relative Dielektrizitätszahl	-

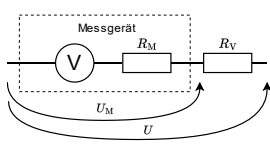
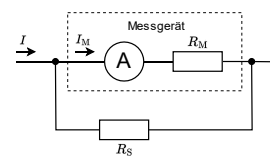
<b>Viertelwellen- transformator</b>	$Z_0 = \sqrt{Z_E \cdot Z_A}$	$Z_0$	Wellenwiderstand der Leitung	$\Omega$
		$Z_A$	Ausgangsschein- widerstand	$\Omega$
		$Z_E$	Eingangsschein- widerstand	$\Omega$

<b>Stehwellen- verhältnis/ VSWR</b>	$s = \frac{U_{\max}}{U_{\min}} = \frac{\hat{U}_v + \hat{U}_r}{\hat{U}_v - \hat{U}_r}$	$s$	Stehwellenverhältnis	-
	$s = \frac{1 +  r }{1 -  r }$	$r$	Reflexionsfaktor	-
	$r = \frac{R_L - Z_0}{R_L + Z_0}$	$Z_0$	Wellenwiderstand der HF Leitung	$\Omega$
		$R_L$	Abschlusswiderstand	$\Omega$
	$s = \frac{R_L}{Z_0} \quad \text{falls} \quad R_L > Z_0$	$\hat{U}_v$	Amplitude der hinlaufenden Welle	V
		$\hat{U}_r$	Amplitude der rücklaufenden Welle	V
	$s = \frac{Z_0}{R_L} \quad \text{falls} \quad R_L < Z_0$	$P_v$	Hinlaufende Leistung	W
		$P_r$	Rücklaufende Leistung	W
	$ r  = \frac{s - 1}{s + 1} = \frac{\hat{U}_r}{\hat{U}_v} = \sqrt{\frac{P_r}{P_v}}$	$P_L$	Leistung an $R_L$	W
	$P_r = P_v \cdot r^2 \quad \text{falls} \quad P_r \neq P_v$	$U_{\max}$	Maximale Spannung auf der HF Leitung	V
		$U_{\min}$	Minimale Spannung auf der HF Leitung	V
	$P_L = P_v \cdot (1 - r^2)$	$a_x$	Dämpfung	dB
	$a_x = -10 \cdot \lg(1 - r^2)$			
	Dämpfung durch Fehlanpassung:			



<b>Höchste brauchbare Frequenz</b>	$f_{\text{MUF}} \approx \frac{f_c}{\sin(\alpha)}$ $f_{\text{opt}} = 0,85 \cdot f_{\text{MUF}}$	$f_{\text{MUF}}$	Höchste brauchbare Frequenz (Maximal usable frequency)	Hz
		$f_c$	Höchste ionosphären-reflektierte Frequenz bei senkrechtem Strahl	Hz
		$f_{\text{opt}}$	Optimale Frequenz	Hz
		$\alpha$	Abstrahlwinkel der Antenne relativ zur Erdoberfläche	°

<b>Empfindlichkeit von Messsystemen</b>	$E_M = \frac{R_i}{U_i} = \frac{1}{I_i}$	$U_i$	Spannung am System bei Vollausschlag	V
		$I_i$	Strom durch das System bei Vollausschlag	A
		$R_i$	Innenwiderstand des Systems	$\Omega$
		$E_M$	Empfindlichkeit	$\Omega/V$

<b>Messbereichserweiterung</b>	$R_V = \frac{U - U_M}{I_M} = \frac{(n - 1) \cdot U_M}{I_M}$	$R_V$	Vorwiderstand	$\Omega$
		$U_M$	Spannungsmessbereich	V
Spannungsmesser	$R_V = (n - 1) \cdot R_M$ 	$I_M$	Strom bei Vollausschlag	A
		$U$	Neuer Spannungsmessbereich	V
Strommesser	$R_S = \frac{R_M \cdot I_M}{I - I_M} = \frac{R_M}{n - 1}$ 	$R_S$	Shuntwiderstand	$\Omega$
		$R_M$	Messgerätewiderstand	$\Omega$
		$I$	Neuer Strommessbereich	A

<b>Relativer maximaler Fehler</b>	$F_W = \pm \frac{G}{100} \cdot \frac{W_E}{W_M}$	$F_W$	relativer maximaler Fehler	%
		$W_E$	Endwert des Messbereichs	-
		$W_M$	abgelesener Wert	-
		$G$	Genauigkeitsklasse des Messinstruments	-



Tabelle 1: Spezifischer elektrischer Widerstand ( $\rho$ )

Material	Silber	Kupfer	Gold	Aluminium	Eisen
$\rho$ in $\frac{\Omega \text{mm}^2}{\text{m}}$ bei 20°C	0,0159	0,0178	0,022	0,030	0,17

Tabelle 2: Relative Dielektrizitätszahl  $\epsilon_r$

Dielektrikum	Luft (trocken)	Voll-PE (Polyäthylen)	Schaum-PE	PTFE (Teflon)
$\epsilon_r$	1,00059	2,29	1,5	2,0

Tabelle 3: (Physikalische) Konstanten

$c_0$	Lichtgeschwindigkeit im Vakuum	299792458	$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$
$e$	Eulersche Zahl	2,71828	
$\epsilon_0$	Elektrische Feldkonstante $1/(\mu_0 c_0^2)$	8,85E-12	$\text{A} \cdot \text{s} \cdot \text{V}^{-1} \cdot \text{m}^{-1}$
$k$	Boltzmann-Konstante	1,38E-23	$\text{J} \cdot \text{K}^{-1} = \text{W} \cdot \text{s} \cdot \text{K}^{-1}$
$\mu_0$	Magnetische Feldkonstante $4\pi/10^7$	1,26E-6	$\text{H} \cdot \text{m}^{-1}$
$\pi$	Kreiszahl	3,14159	
$T_0$	Absoluter Nullpunkt 0°K	-273,15	°C
$Z_0$	Wellenwiderstand im Vakuum $\sqrt{\mu_0/\epsilon_0} = 120\pi$	377	$\Omega$

### Wertkennzeichnung durch Buchstaben

f	Femto	$10^{-15}$
p	Pico	$10^{-12}$
n	Nano	$10^{-9}$

$\mu$	Mikro	$10^{-6}$
m	Milli	$10^{-3}$
c	Zenti	$10^{-2}$

k	Kilo	$10^3$
M	Mega	$10^6$
G	Giga	$10^9$

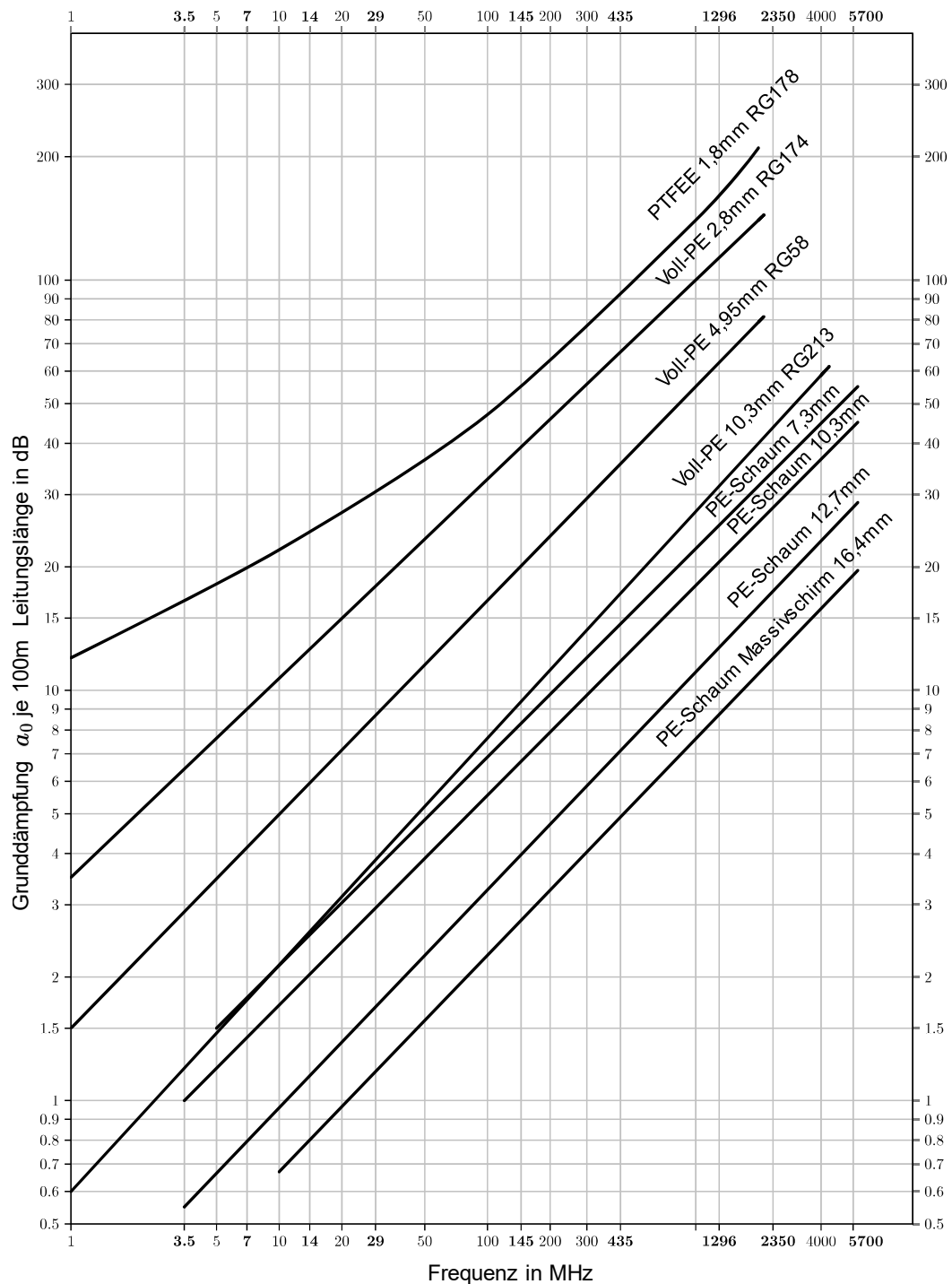
T	Tera	$10^{12}$
P	Peta	$10^{15}$

Pegel		
Pegel	Leistungs- verhältnis	Spannungs- verhältnis
-30 dB	0,001	0,03
-20 dB	0,01	0,1
-10 dB	0,1	0,32
-6 dB	0,25	0,5
-3 dB	0,5	0,71
-1 dB	0,8	0,89
0 dB	1	1
1 dB	1,26	1,12
3 dB	2	1,41
6 dB	4	2
10 dB	10	3,16
20 dB	100	10
30 dB	1000	31,62

Kennfarben für Widerstände			
Kenn- farbe	Wert	Multi- plikator	Toleranz
Silber	-	$10^{-2}$	$\pm 10\%$
Gold	-	$10^{-1}$	$\pm 5\%$
schwarz	0	$10^{-0}$	-
braun	1	$10^1$	$\pm 1\%$
rot	2	$10^2$	$\pm 2\%$
orange	3	$10^3$	-
gelb	4	$10^4$	-
grün	5	$10^5$	$\pm 0,5$
blau	6	$10^6$	$\pm 0,25\%$
violett	7	$10^7$	$\pm 0,1\%$
grau	8	$10^8$	-
weiss	9	$10^9$	-
keine	-	-	$\pm 20\%$



## Kabeldämpfungsdiagramm



Dämpfung gebräuchlicher Koaxialleitungen in Abhängigkeit von der Betriebsfrequenz für eine Länge von 100m

Gefundene Fehler bitte an [kf-fk@bakom.admin.ch](mailto:kf-fk@bakom.admin.ch) melden – Dank!

(Am besten mit einer Word-Datei mit aktivierter «Änderungen nachverfolgen» oder kommentierter pdf-Datei.)